

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. September 2005 (01.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/081371 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01S 5/00**

(71) Anmelder und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/000163

(72) Erfinder: **SCHULZ-HARDER, Jürgen** [DE/DE]; Hugo-Dietz-Str. 32, 91207 Lauf (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Februar 2005 (02.02.2005)

(74) Anwälte: **GRAF, Helmut** usw.; Postfach 10 08 26, 93008 Regensburg (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

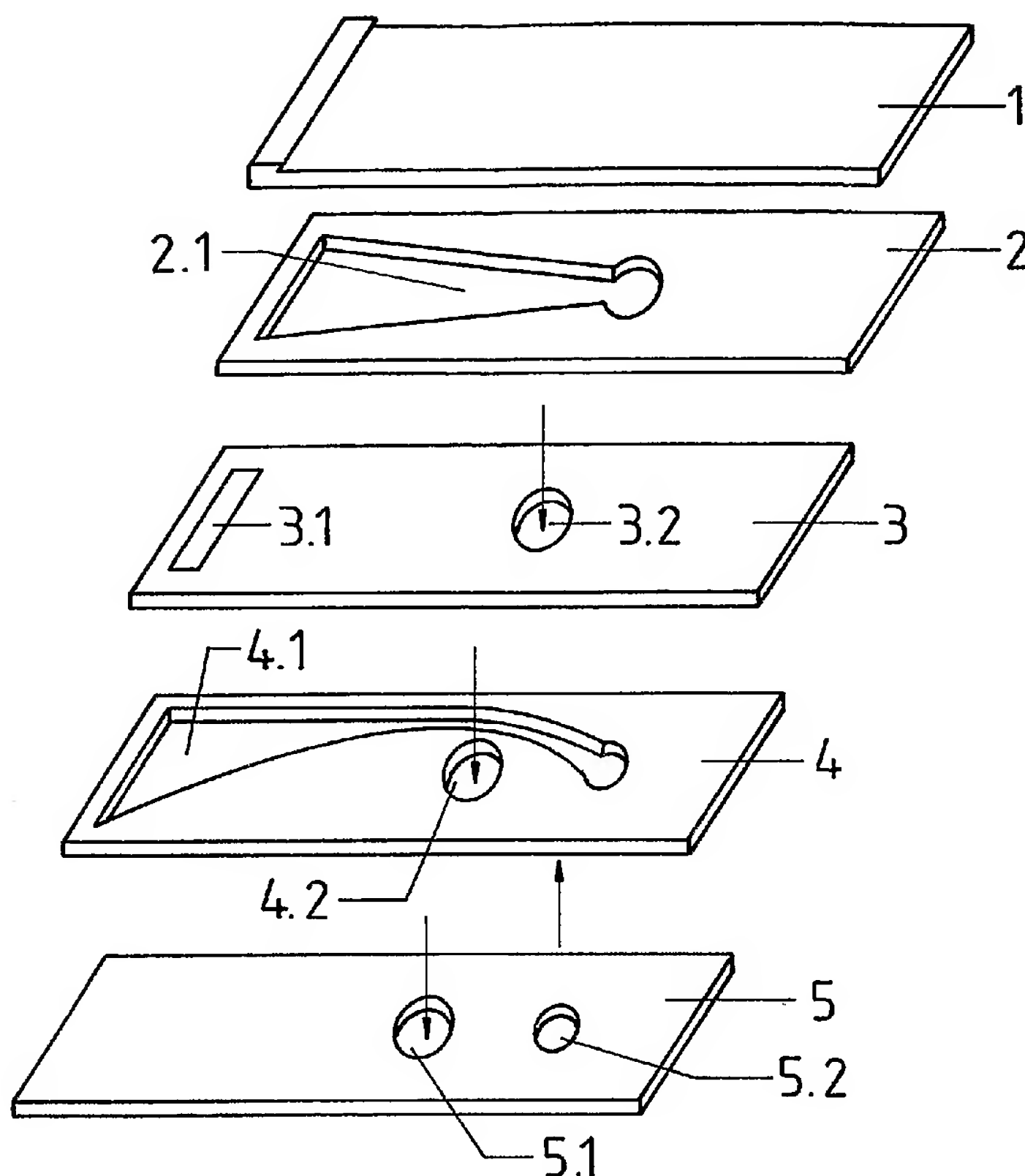
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 008 836.5
20. Februar 2004 (20.02.2004) DE
10 2004 012 232.6 12. März 2004 (12.03.2004) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR THE PRODUCTION OF STACKS OF PLATES, ESPECIALLY COOLERS OR COOLER ELEMENTS COMPOSED OF STACKS OF PLATES

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON PLATTENSTAPELN, INSBESONDERE VON AUS PLATTENSTAPELN BESTEHENDEN KÜHLERN ODER KÜHLERELEMENTEN



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing stacks of plates, especially for producing coolers, cooling elements, or heat sinks which are composed of at least one stack of plates and are used for electric and/or optoelectric components.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Plattenstapeln, insbesondere zum Herstellen von aus wenigstens einem Plattenstapel bestehenden Kühlern, Kühlelementen oder Wärmesenken zum Kühlen von elektrischen und/oder optoelektrischen Bauteilen.

WO 2005/081371 A2



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Verfahren zum Herstellen von Plattenstapeln, insbesondere von aus Plattenstapeln
bestehenden Kühlern oder Kühlelementen**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen von Plattenstapeln
5 insbesondere zum Herstellen von aus wenigstens einem Plattenstapel bestehenden
Kühlern oder Kühlelementen oder Wärmesenken gemäß Oberbegriff
Patentanspruch 1.

Speziell zum Kühlen von elektrischen Bauteilen oder Modulen, insbesondere auch
10 solchen mit hoher Leistung, sind bereits Kühler, auch Mikrokühler bekannt, die aus
miteinander zu einem Stapel verbundenen dünnen Platten aus Metall (Metallfolie)
bestehen und von denen die im Stapel innen liegenden Platten derart strukturiert, d.h.
mit Öffnungen oder Durchbrüchen versehen sind, daß sich im Inneren des
Plattenstapels bzw. Kühlers Kühlkanäle oder Strömungswege für ein Kühlmedium
15 bilden. Zum flächigen Verbinden der Platten sind diese an ihren Fügeflächen, d.h. an
ihren Oberflächenseiten mit einem Fugemittel versehen. Für das Fügen bzw.
Verbinden werden die Platten dann zu dem Plattenstapel übereinander gestapelt und
anschließend auf eine entsprechende Prozeßtemperatur erhitzt, bei der unter
Verwendung des Fugemittels an den Fügeflächen ein schmelzflüssiger Metallbereich
20 (Verbindungs- oder Schmelzschicht) erzeugt wird, so daß nach dem Abkühlen die
Platten zu dem Plattenstapel miteinander verbunden sind.

Nachteilig bei bekannten Verfahren ist, dass insbesondere am Übergang zwischen
Platten des Plattenstapels Mikrolunker verbleiben, die eine Korrosion begünstigen und
25 dadurch zu Undichtigkeiten bei Kühlern, Heat-Pipes usw. führen können.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren aufzuzeigen, welches diese Nachteile
vermeidet. Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Verfahren entsprechend dem
Patentanspruch 1 ausgebildet.

Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. Die Erfindung wird im Folgenden im Zusammenhang mit den Figuren an weiteren Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

5

Fig. 1 in vereinfachter perspektivischer Explosionsdarstellung fünf Platten oder Schichten aus Metall eines Kühlers zum Kühlen von elektrischen Bauelementen, insbesondere zum Kühlen von Laserdioden oder Laserdiodenbarren;

10 Fig. 2 in vereinfachter Darstellung einen Teilschnitt durch die aus den Platten der Figuren 1 hergestellte Wärmesenke;

Fig. 3 in vereinfachter schematischer Darstellung eine die Wärmesenke nach dem Verbinden der Platte für eine Nachbehandlung durch heißes isostatisches Pressen (HIP) aufnehmende Kammer;

15 Fig. 4 - 6 Teilschnitte durch die Platten oder Schichten aus Metall eines Kühlers.

In den Figuren sind 1 - 5 jeweils plattenförmige Elemente oder Platten aus einem Metall, beispielsweise aus Kupfer, die flächig miteinander zu einem Plattenstapel verbunden einen Kühler bzw. eine Wärmesenke 6 zum Kühlen eines nicht

20 dargestellten elektrischen Bauelementes, beispielsweise eines Laserdiodenbarrens bilden, der eine Vielzahl von Laserlicht imitierenden Dioden aufweist. Die Platten 1 - 5 sind bei der dargestellten Ausführungsform rechteckförmige Zuschnitte gleicher Größe aus einer Metallfolie, beispielsweise Kupferfolie.

25 Zur Bildung einer Kühlerstruktur sowie zur Bildung von Kanälen zum Zu- und Abführen eines beispielsweise flüssigen Kühlmediums sind die Platten 2 - 5 strukturiert, d.h. mit entsprechenden Durchbrüchen oder Öffnungen 2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 und 5.1, 5.2 versehen.

Unter Verwendung eines geeigneten Fugemittels, welches in den Figuren allgemein mit 7 bezeichnet ist, sowie unter Verwendung eines auf dieses Fugemittel abgestimmten Fügeverfahrens werden die zu einem Stapel übereinander angeordneten Platten unter Einwirkung von Hitze bei einer Fügetemperatur an ihren einander zugewandten Oberflächenseiten flächig miteinander verbunden, sodass dann die Öffnungen 5.1 und 5.2 die Anschlüsse zum Zu- und Abführen des Kühlmediums sowie die übrigen Öffnungen 2.1, 3.1, 3.2 einen internen, nach Außen hin abgeschlossenen Strömungskanal für das Kühlmedium bilden. Das Strukturieren der Platten 1 - 5 erfolgt vor dem Verbinden dieser Platten durch geeignete Techniken, beispielsweise durch Ätzen oder Stanzen.

Als Fügeverfahren eignen sich grundsätzlich alle bekannten Verfahren, die zum Verbinden der Platten 1 - 5 aus Metall und insbesondere auch für die Herstellung von aus Plattenstapeln bestehenden Kühlern oder Wärmesenken verwendet werden. Einzelne, derartige Verfahren werden nachstehend noch näher beschrieben. Es handelt sich bei diesen Verfahren grundsätzlich um solche, bei denen das Fügen bzw. Verbinden der Platten 1 - 5 bei einer erhöhten Temperatur (z.B. höher als 650 °C) erfolgt, und zwar durch eine Lötverbindung auch im weitesten Sinne, d.h. durch Aufschmelzen einer metallischen Verbindungsschicht bzw. des Fugemittels 7 und anschließendes Abkühlen oder aber durch Diffusions-Schweißen.

Nachteilig bei den bekannten Verfahren ist unter anderem, dass sich im Bereich der Verbindung zwischen zwei benachbarten Platten 1 - 5 Ausnehmungen oder Hohlräume, d.h. sogenannte Mikrolunker 8 bilden, die teilweise geschlossen, teilweise aber auch zu den von den Öffnungen oder Durchbrüchen gebildeten Strömungskanälen hin offen sind. Diese Lunker 8 haben insbesondere den Nachteil, dass sie zu einer erhöhten Korrosion führen und es insbesondere auch bei einer Vielzahl derartiger Lunker 8 zu einer Durchkorrosion des jeweiligen Kühlers 6 im

Bereich der Verbindung zwischen zwei Platten 1 - 5 und damit u.a. zu einem Undichtwerden des im Kühler ausgebildeten Strömungskanal kommen kann.

Um dies zu vermeiden, wird entsprechend der Erfindung der Kühler 6 nach seiner
5 Herstellung, d.h. nach dem Verbinden bzw. Fügen der Platten 5 in einer Kammer 9 einer Nachbehandlung unterzogen (Figur 3), und zwar in einer Schutzgasatmosphäre bei hoher Behandlungstemperatur TB unterhalb der Fügetemperatur TF und bei hohem Gasdruck PB im Bereich zwischen 200 und 2000 bar, wobei der Gasdruck bei dieser Nachbehandlung vorzugsweise wenigstens 1000 bar beträgt. Durch diese, auch als
10 heißes isostatisches Pressen (HIP) bezeichnete Nachbehandlung erfolgt ein Zusammendrücken der vorhandenen Mikrolunker 8 und ein nachträgliches Verbinden der Platten 1 - 5 im Bereich der bis dahin vorhandenen Mikrolunker 8 durch Diffusions-Schweißen, sodass nach Abschluss der Nach- oder HIP-Behandlung die Verbindung zwischen den Platten 1 - 5 weitestgehend lunkerfrei ist und dadurch die
15 vorgenannten Korrosionsprobleme verhindert sind.

Als Schutzgas eignet sich z.B. Stickstoff, Argon oder andere Inert- oder Edelgase oder aber Mischungen hiervon, wobei der Sauerstoffgehalt in der Schutzgasatmosphäre in Abhängigkeit von der Temperatur TB der Nachbehandlung sowie auch in
20 Abhängigkeit von dem für die Platten 1 - 5 verwendeten Metall derart eingestellt ist, dass keine oder keine nennenswerte und damit störende Oxidation des Metalls der Platten 1 - 5 eintritt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform entspricht der Sauerstoffgehalt der
25 Schutzgasatmosphäre maximal 300 % des Gleichgewichtssauerstoffpartialdrucks des verwendeten Metalls bei der jeweiligen Behandlungstemperatur TB. Bei Verwendung von Platten aus Kupfer ergibt sich demnach ein Sauerstoffanteil bzw. Sauerstoffpartialdruck in Abhängigkeit von der Temperatur entsprechend der nachstehenden Tabelle:

Behandlungstemperatur TB (Grad C°)	Sauerstoffpartialdruck (bar)
1.085	$1,2 \times 10^{-5}$
1.027	$3,3 \times 10^{-6}$
927	$2,43 \times 10^{-7}$
827	$3,9 \times 10^{-8}$
727	$1,0 \times 10^{-9}$
627	$1,1 \times 10^{-11}$
527	$4,1 \times 10^{-13}$
427	$2,8 \times 10^{-16}$
327	$1,7 \times 10^{-20}$

Bei der Nachbehandlung ist es also erforderlich, eine Oxidation oder andere Reaktion des Materials des Kühlers mit dem Druckgas zu vermeiden. In Systemen, in denen als Material für die Platten 1 - 5 und/oder für das Fügemitte 7 Kupfer, Kupfer in Verbindung mit Sauerstoff, Silber oder Gold verwendet ist, eignet sich als Druckgas bzw. Inertgas, Stickstoff. In anderen Systemen, in denen z.B. Eisen und/oder Aluminium verwendet ist, ist allerdings Stickstoff als Druckgas wegen der Nitridbildung nicht geeignet. Als Schutzgas wird dann Argon eingesetzt. Ebenso wie Stickstoff oder Argon enthalten auch andere, als Druckgas verwendbare technische Gase stets Sauerstoff in geringen Mengen. Um bei der Nachbehandlung eine Oxidation oder andere Reaktion mit dem Kühler 6 zu vermeiden, ist bei den in der Tabelle angegebenen Werten darauf geachtet, dass der Gehalt an Sauerstoff nicht zu weit über dem Gleichgewichtssauerstoffpartialdruck des Systems Metall-Sauerstoff liegt. Allerdings ist ein Sauerstoffgehalt, der einer Überschreitung des Gleichgewichts-Sauerstoffpartialdruckes zwischen 200 und 300 % entspricht, noch zulässig, da insbesondere auch bei einer nicht all zu hohen Nachbehandlungstemperatur TB die Reaktion des für den Kühler 6 verwendeten Metalls mit Sauerstoff, d.h. die Oxidbildung genetisch gehemmt ist und außerdem eine geringfügige Oxidschicht in

der Regel nicht störend ist. Bei Öfen mit Graphit besteht dieses Problem ohnehin nicht.

- Die Behandlungstemperatur TB ist so eingestellt, dass bei der Nachbehandlung die
- 5 Fügeverbindung zwischen den Platten 1 - 5 erhalten bleibt, d.h. die Behandlungstemperatur TB ist möglichst hoch gewählt, um das vorgenannte Diffusions-Schweißen zum Entfernen der Mikrolunkern 8 zu erreichen, liegt aber unterhalb der Temperatur TF bei der nach dem Fügen das gesamte Fügemitel 7, d.h. das gesamte, beim Fügen der Platten 1 - 5 zwischen diesen Platten das Fügemitel 7
- 10 bildende metallische System und damit sämtliche Bestandteile dieses Systems gerade in den festen Zustand übergegangen sind, d.h. die Solidus-Temperatur des Fügemitelsystems erreicht ist. Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung beträgt die Behandlungstemperatur TB etwa 50 bis 99% der Temperatur TF in °K.
- 15 Für die Nachbehandlung des Kühlers 6 wird dieser nach dem Fügen und Abkühlen beispielsweise auf eine Temperatur, die ein bequemes Handling des Kühlers 6 ermöglicht, in die Kammer 9 eingebracht und in dieser Kammer dann durch erneutes Erhitzen auf die Behandlungstemperatur TB gebracht und auf bei dem Nachbehandlungsdruck PB in der Kammer 9 über eine Nachbehandlungszeit
- 20 beispielsweise zwischen 15 und 45 Minuten gehalten.

Grundsätzlich besteht aber bei einer entsprechenden Ausbildung der für die Produktion verwendeten Einrichtungen auch die Möglichkeit, die Nachbehandlung unmittelbar nach dem Fügen vorzunehmen, und zwar sobald die Temperatur des

25 hergestellten Kühlers 6 die Behandlungstemperatur TB erreicht hat.

Wie oben ausgeführt, sind verschiedene Fügeverfahren bzw. Techniken und diesem Verfahren entsprechende Fügemitel 7 zur Herstellung des Kühlers 6 denkbar. Hierbei ist es möglich, die einzelnen Platten 1 - 5 vor dem Verbinden bzw. Fügen nur an

ihren Oberflächenseiten und dabei beispielsweise nur an ihrem miteinander zu verbindenden Oberflächenseiten mit dem Fügemittel zu versehen. Dies hat allerdings entsprechend der Figur 4 den Nachteil, dass an den Übergängen zwischen zwei Platten im Bereich des Fügemittels 7 sich Toträume 10 ausbilden, wie dies in der Figur 4 im Bereich des Übergangs zwischen den Platten 2 und 3 und im Bereich der dortigen Öffnungen 2.1 und 3.1 nochmals vergrößert dargestellt sind. Auch diese Toträume 10 haben erhebliche Nachteile, d.h. sie führen zu unerwünschten Verwirbelungen des den Kühler 6 durchströmenden Kühlmediums, insbesondere führen diese Toträume 10 aber zu unerwünschten Korrosionen, speziell auch an den durch die Toträume 10 freiliegenden Rändern oder Kanten der Öffnungen 2.1 und 3.1.

Um die Toträume 10 zu vermeiden, kann es daher entsprechend der Figur 5 zumindest zweckmäßig sein, die Platten 1 - 5 nicht nur an ihren Oberflächenseiten, sondern auch an den Begrenzungsflächen der Öffnungen mit dem Fügemittel 7 zu versehen, sodass dann nach dem Fügen der Platten 1 - 5 sämtliche Flächen und Kanten, insbesondere auch die von den Seitenflächen der Öffnungen gebildeten Flächen und Kanten der Kanäle des Kühlers 6 mit dem Fügemittel 7 abgedeckt, wie dies in der Figur 6 für den Kühler 6a dargestellt ist. Die nachteiligen Toträume 10 sind dabei vermieden. Durch die Nachbehandlung bzw. durch das heiße isostatische Pressen bzw. Hippen werden auch eventuelle Mikrolunker 8 auch in dem die Kanäle des Kühlers 6a abdeckenden Fügemittel vermieden.

Vorstehend wurde davon ausgegangen, daß zur Herstellung des Kühlers 6a sämtliche Platten 1 - 5 zumindest an ihren, miteinander zu verbindenden Oberflächenseiten sowie auch an den Innenflächen der Durchbrüche mit dem Fügemittel 7 versehen werden. Grundsätzlich ist es auch ausreichend, nur bei einigen der Platten 1 - 5 die Innenflächen der dortigen Durchbrüche mit dem Fügemittel 7 vor dem Fügen zu beschichten.

Das Fügen der z.B. aus Kupfer bestehenden Platten 1 - 5 erfolgt beispielsweise durch die DCB-Technik (Direct Copper Bonding), wobei als Fügemitte Kupfer-Oxid verwendet ist, welches in Verbindung mit dem angrenzenden Kupfer der Platten 1 - 5 ein Eutektikum bzw. eine eutektische Verbindungs- oder Schmelzschicht mit einem Schmelzpunkt im Bereich zwischen etwa 1065°C - 1082 °C bildet. Dementsprechend liegt dann die maximale Behandlungstemperatur bei $T_{B_{\max}} = [0,99 (1065 + 273) - 273]^{\circ}\text{C} = 1052^{\circ}\text{C}$. Für die minimale Behandlungstemperatur $T_{B_{\min}}$ ergibt sich dann $T_{B_{\min}} = [0,5 (1065 + 273) - 273]^{\circ}\text{C} = 396^{\circ}\text{C}$.

10

Wird als Fügemitte 7 ein Hartlot verwendet, beispielsweise eine Kupfer-Silber-Legierung, deren eutektische Temperatur bzw. Fügetemperatur bei etwa 768°C liegt, so ergeben sich für die Behandlungstemperatur

$$T_{B_{\max}} = [0,99(768 + 273) - 273]^{\circ}\text{C} = 746^{\circ}\text{C}$$

15

$$T_{B_{\min}} = [0,50(768 + 273) - 273]^{\circ}\text{C} = 377^{\circ}\text{C}$$

Wird als Fügemitte ein Hartlot in Form einer Legierung aus Kupfer und Gold verwendet, welches eine eutektische Temperatur bzw. Fügetemperatur von etwa 889°C aufweist, so ergeben sich für die Behandlungstemperatur

20

$$T_{B_{\max}} = [0,99(889 + 273) - 273]^{\circ}\text{C} = 877,5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{B_{\min}} = [0,50(889 + 273) - 273]^{\circ}\text{C} = 308^{\circ}\text{C}$$

25

Aufgrund der jeweils verwendeten Menge an Fügemitte 7 oder an Lot und aufgrund der verwendeten Prozesstemperatur und/oder Prozesszeit während des Fügevorgangs können an den Übergängen zwischen den Platten diese metallisch miteinander verbindende Legierungen auftreten, deren Fügetemperatur T_F höher liegt als die ursprüngliche eutektische Temperatur des Fügemittels, sodass die Temperatur T_B auch entsprechend höher gewählt werden kann.

Die Erfindung wird nachstehend an einigen Beispielen beschrieben.

Beispiel 1

Bei diesem Beispiel wird als Fugemittel Kupfer-Oxid verwendet. Zum Herstellen des
5 Kühlers 6 bzw. 6a werden durch Ätzen oder Stanzen die Platten 1 - 5 mit ihren Durchbrüchen und Öffnungen hergestellt. Anschließend werden die Platten an ihren Oberflächenseiten, bevorzugt aber auch an den Innenflächen der Durchbrüche mit dem Fugemittel 7 versehen, und zwar durch Oxidieren.

10 Die Platten 1 - 5 werden dann gestapelt und es erfolgt ein Erhitzen des Stapels auf die erforderliche Prozesstemperatur, beispielsweise von etwa 1075°C in einer Schutzgasatmosphäre mit einem Sauerstoffanteil von 2,5 bis 100 ppm.

Anschließend wird der Stapel aus den nunmehr miteinander flächig verbundenen
15 Platten 1 - 5 auf eine Temperatur unterhalb der Prozesstemperatur, z.B. auf Raumtemperatur abgekühlt. Der so hergestellte Kühler 6 bzw. 6a wird dann in der Kammer 9 bei einem Schutzgasdruck von etwa 1000 bar auf eine Temperatur von etwa 1020°C erhitzt und bei dieser Temperatur und diesem Druck über eine Zeit von 30 Minuten gehalten. Anschließend erfolgt ein Abkühlen auf Raumtemperatur.

20

Beispiel 2

Bei diesem Beispiel wird als Fugemittel Silber verwendet, welches bei der Fügtemperatur zusammen mit dem angrenzenden Kupfer der Platten 1 - 5 ein eutektisches Lot aus Silber und Kupfer bildet.

25

Es folgt wiederum die Herstellung der Platten 1 - 5 mit ihren Durchbrüchen durch Stanzen und Ätzen. Anschließend wird galvanisch und/oder chemisch auf die Platten 1 - 5 und dabei zumindest auf die miteinander zu verbindenden Oberflächenseiten dieser Platten, bevorzugt aber auch zumindest bei einigen der Platten auf die

Begrenzungsflächen der Durchbrüche eine Silberschicht, beispielsweise mit einer Dicke von 3 μm aufgebracht.

Die so behandelten Platten 1 - 5 werden dann gestapelt und der Plattenstapel wird in einer Schutzgasatmosphäre, beispielsweise in einer Stickstoffatmosphäre mit einem Sauerstoffanteil kleiner als 100 ppm und bei einer Prozess- oder Fügetemperatur TF von 850°C erhitzt. Anschliessend erfolgt ein Abkühlen des Plattenstapels bzw. des als Plattenstapel hergestellten Kühlers auf Raumtemperatur.

Der Plattenstapel wird dann in die Kammer 9 eingebracht und dort in einer Schutzgasatmosphäre, beispielsweise in einer Stickstoffatmosphäre bei einem Nachbehandlungsdruck PB von etwa 1200 bar auf TB von 650°C erhitzt und bei diesem Druck und dieser Nachbehandlungstemperatur TB über eine Zeit von etwa 45 Minuten gehalten. Anschliessend erfolgt ein Abkühlen auf Raumtemperatur.

15

Beispiel 3

Bei diesem Verfahren wird als Fügemitte Gold verwendet, welches zusammen mit dem Kupfer der Platten 1 - 5 ein eutektisches Lot bildet. Es erfolgt wiederum die Herstellung der Platten 1 - 5 mit ihren Durchbrüchen und ein anschliessendes Auftragen einer Goldschicht mit einer Dicke von etwa 2 μm auf die Platten 1 - 5 sowie auch auf die Begrenzungsflächen zumindest einiger Ausnehmungen oder Durchbrüche.

Die übereinander gestapelten Platten werden dann in einer beispielsweise von Stickstoff gebildeten Schutzgasatmosphäre mit einem Sauerstoffanteil kleiner als 100 ppm auf 1030°C erhitzt. Anschließend erfolgt ein Abkühlen und Einbringen des Plattenstapels bzw. Kühlers 6 oder 6a in die Kammer 9 und nach dem Verschliessen der Kammer in einer von Argon gebildeten Schutzgasatmosphäre die Nachbehandlung bei einem Druck von etwa 900 bar und einer Temperatur TB von etwa 920°C, und

zwar über eine Behandlungsdauer von etwa 30 Minuten und im Anschluss daran ein Abkühlen auf Raumtemperatur.

Die Erfindung wurde voranstehend an Ausführungsbeispielen beschrieben. Es versteht
5 sich, dass zahlreiche Änderungen sowie Abwandlungen möglich sind, ohne dass
dadurch der der Erfindung zu Grunde liegende Erfindungsgedanke verlassen wird.

Bezugszeichenliste

	1 - 5	Platte
5	6, 6a	Kühler
	7	Fügematerial
	8	Mikrolunker
	9	Kammer
	10	Totraum*
10	2.1, 3.1, 3.2, 4.1, 5.1, 5.2	Öffnung oder Durchbruch

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Plattenstapeln, insbesondere zum Herstellen von aus
5 wenigstens einem Plattenstapel bestehenden Kühlern, Kühlelementen oder
Wärmesenken (6, 6a) zum Kühlen von elektrischen und/oder opto-elektrischen
Bauteilen, wobei das Verfahren zumindest folgende Prozess-Schritte aufweist:
Herstellen von Platten oder Platinen (1 - 5) aus Metall, beispielsweise Kupfer,
Stapeln der Platten zu einem Plattenstapel,
10 Verbinden oder Fügen der Platten (1 - 5) unter Temperatureinwirkung bei einer
Fügetemperatur (TF) und bei atmosphärischem Druck oder im Vakuum,
Abkühlen des von den verbundenen Platten gebildeten Plattenstapels auf eine
Temperatur kleiner als die Fügetemperatur (TF) und
Nachbehandeln (HIP-Nachbehandeln) des Plattenstapels in einer
15 Schutzgasatmosphäre bei einem Schutzgasdruck (PB) im Bereich zwischen 200 und
2000 bar, beispielsweise im Bereich zwischen 400 und 2000 bar und bei einer
Nachbehandlungstemperatur (TB), die kleiner ist als die Fügetemperatur (TF).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die
20 Nachbehandlungstemperatur (TB) etwa maximal 95 bis 99% der Fügetemperatur
(TF) beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die
Nachbehandlungstemperatur (TB) wenigstens 50% der Fügetemperatur (TF) beträgt.
25
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein
Nachbehandeln des Plattenstapels in einer Schutzgasatmosphäre bei einem
Gasdruck im Bereich zwischen etwa 200 bis 2000 bar, beispielsweise im Bereich
zwischen 400 und 2000 bar und bei einer Behandlungstemperatur(TB), die etwa 50

- 99 % oder 50 - 95% der Fügetemperatur (TF) entspricht, d.h. derjenigen Temperatur entspricht, bei dem sämtliche metallischen Bestandteile des die Fügeverbindung bildenden Systems in den festen Zustand übergegangen sind.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Nachbehandeln des Plattenstapels in einer Schutzgasatmosphäre bei einem Gasdruck im Bereich zwischen etwa 200 bis 2000 bar, beispielsweise im Bereich zwischen 400 und 2000 bar und bei einer Behandlungstemperatur(TB), die etwa 50 - 99 % oder 50 - 95% der Fügetemperatur (TF) entspricht, d.h. derjenigen
- 10 Temperatur entspricht, bei dem sämtliche Bestandteile des die Fügeverbindung bildenden Lotes in den festen Zustand übergegangen sind.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest auf die miteinander zu verbindenden Oberflächenseiten der Platten
- 15 ein Fügemitte (7) aufgebracht wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte
Aufbringen eines Lotes als Fügemitte auf die Platten,
20 Stapeln der Platten zu dem Plattenstapel,
Erhitzen des Plattenstapels zumindest auf die Schmelztemperatur des Lotes,
Abkühlen des Plattenstapels auf eine Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Lotes,
HIP-Nachbehandeln des Plattenstapels.
- 25 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim HIP-Nachbehandeln eine Schutzgasatmosphäre, beispielsweise eine von Argon oder Stickstoff gebildete Schutzgasatmosphäre mit einem maximalen Sauerstoffgehalt verwendet wird, der etwa 300 % des dem

Gleichgewichtssauerstoffpartialdruckes bei der Behandlungstemperatur (TB) entsprechenden Sauerstoffgehalt beträgt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil an Sauerstoff
5 in der Schutzgasatmosphäre kleiner ist als ein Sauerstoffpartialdruck von 15×10^{-6} bar.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte
- 10 Aufbringen oder Erzeugen einer Kupfer-Oxyd-Schicht als Fugemittel auf den aus Kupfer bestehenden Platten,
Erhitzen der Platten nach dem Stapel auf eine Temperatur im Bereich zwischen 1065 und 1083°C und
15 HIP-Nachbehandeln des Plattenstapels bei einem Druck im Bereich zwischen 200 und 2000 bar, beispielsweise 400 und 2000 bar bei einer Nachbehandlungstemperatur von mindestens 390°C und maximal 1052°C.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte
- 20 Aufbringen oder Erzeugen einer Kupfer-Oxyd-Schicht als Fugemittel auf den aus Kupfer bestehenden Platten,
Erhitzen der Platten nach dem Stapel auf eine Temperatur von 1065 °C und
HIP-Nachbehandeln des Plattenstapels bei einem Druck von 1000 bar bei einer Nachbehandlungstemperatur von 1020°C.
- 25
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Fügen der Platten (1-5) unter Hitzeeinwirkung bei einem mechanischen Pressdruck im Bereich zwischen 20 und 2500 bar erfolgt.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Platten aus Kupfer bestehen, und dass als Fugemittel Silber verwendet ist, welches zusammen mit dem angrenzenden Kupfer ein Silber-Kupfer-Lot bildet, dass der Plattenstapel zum Fügen auf eine Temperatur im Bereich zwischen 778 und 990°C erhitzt wird, und dass die HIP-Nachbehandlung bei einem Druck von 400 bis 2000 bar bei einer Nachbehandlungstemperatur von wenigstens 252°C und maximal 767°C, beispielsweise bei 650°C erfolgt.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Platten aus Kupfer bestehen, und dass als Fugemittel Silber verwendet ist, welches zusammen mit dem angrenzenden Kupfer ein Silber-Kupfer-Lot bildet, dass der Plattenstapel zum Fügen auf eine Temperatur von 850°C erhitzt wird, und dass die HIP-Nachbehandlung bei einem Druck von 1200 bar bei einer Nachbehandlungstemperatur von 650°C erfolgt.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte
Verwendung von Platten aus Kupfer und Gold oder eine Gold-Kupfer-Legierung als Fugemittel
Erhitzen des Plattenstapels auf eine Temperatur im Bereich zwischen 880 und 1065°C
Nachbehandlung des Plattenstapels bei einer Temperatur von wenigstens 408°C und maximal 877°C.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte
Verwendung von Platten aus Kupfer und Gold oder eine Gold-Kupfer-Legierung als Fugemittel
Erhitzen des Plattenstapels auf eine Temperatur von 1030°C

HIP-Nachbehandlung des Plattenstapels bei einer Temperatur von 920°C und einem Druck (PB) von 900 bar.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
5 dass auf den Plattenstapel oder auf den von dem Plattenstapel gebildeten Kühler (6, 6a) wenigstens ein elektrisches Bauelement, beispielsweise durch Auflöten befestigt wird, wobei das Bauelement z.B. eine Laserdiode oder eine Leuchtdiode ist.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
10 dass das Fugemittel (7) auch auf Flächen wenigstens einiger Durchbrüche aufgetragen wird.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
15 dass der Plattenstapel oder der von diesem gebildete Kühler (6, 6a) an wenigstens einer Oberfläche durch Diamantfräsen bearbeitet wird.

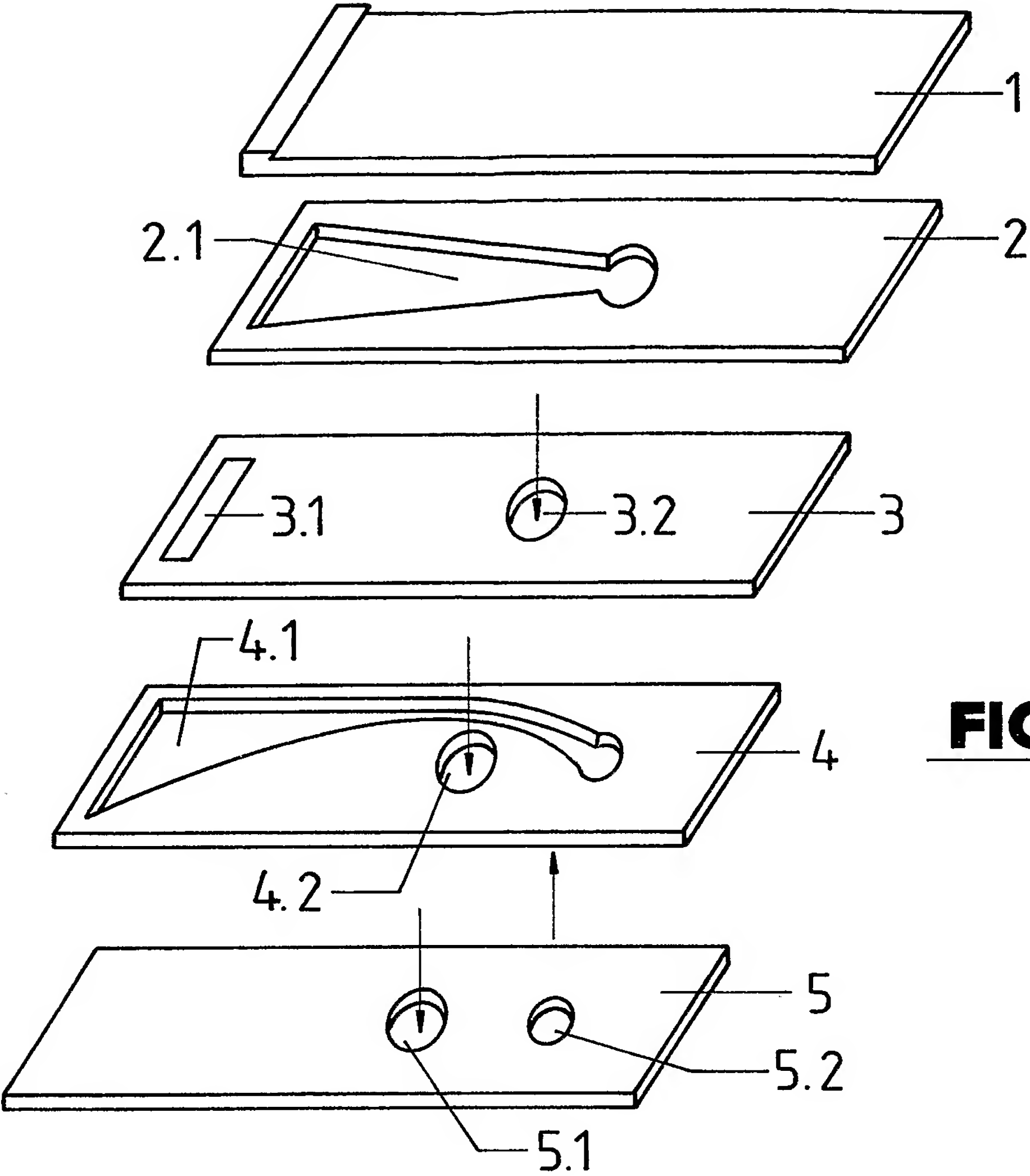


FIG. 1

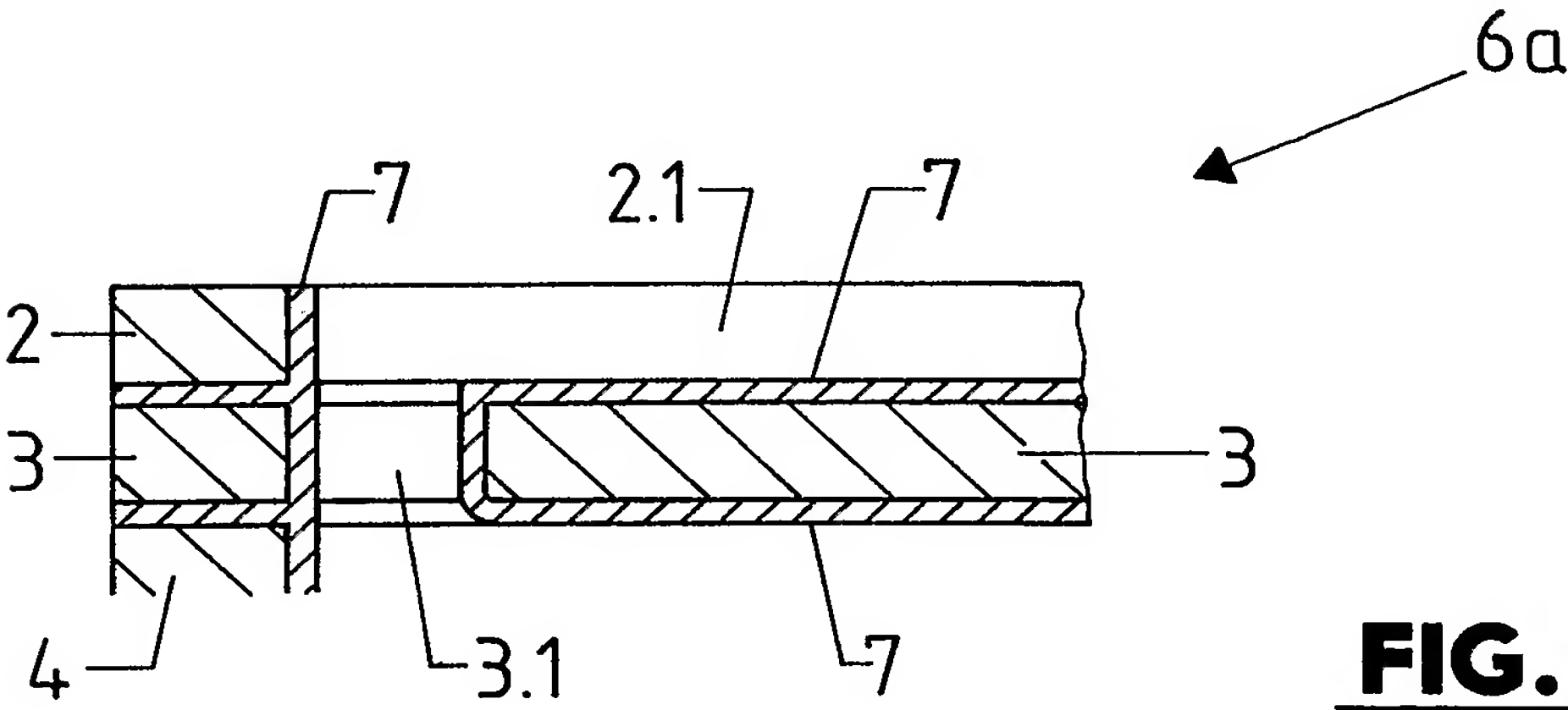


FIG. 6

FIG. 2

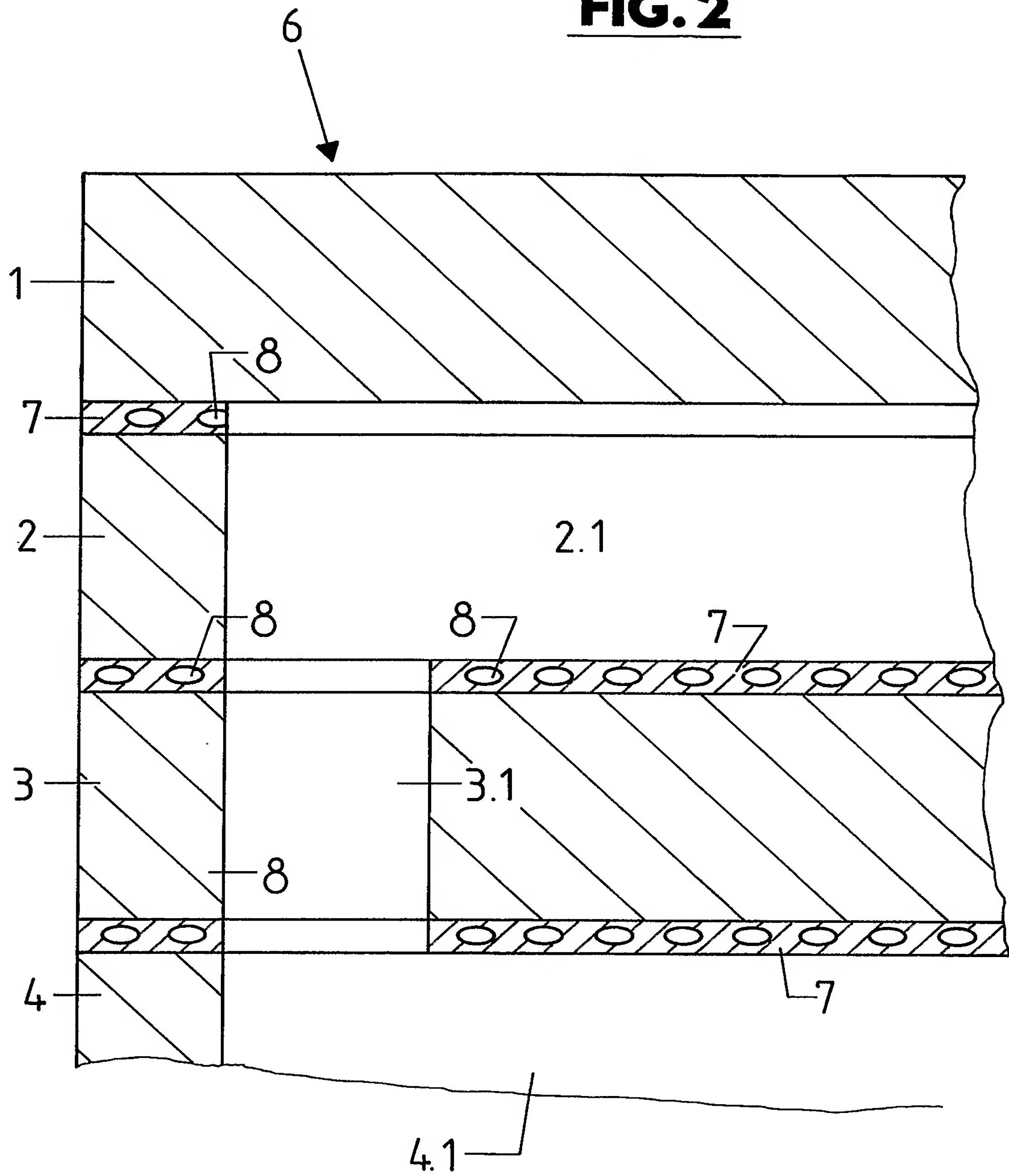


FIG. 3

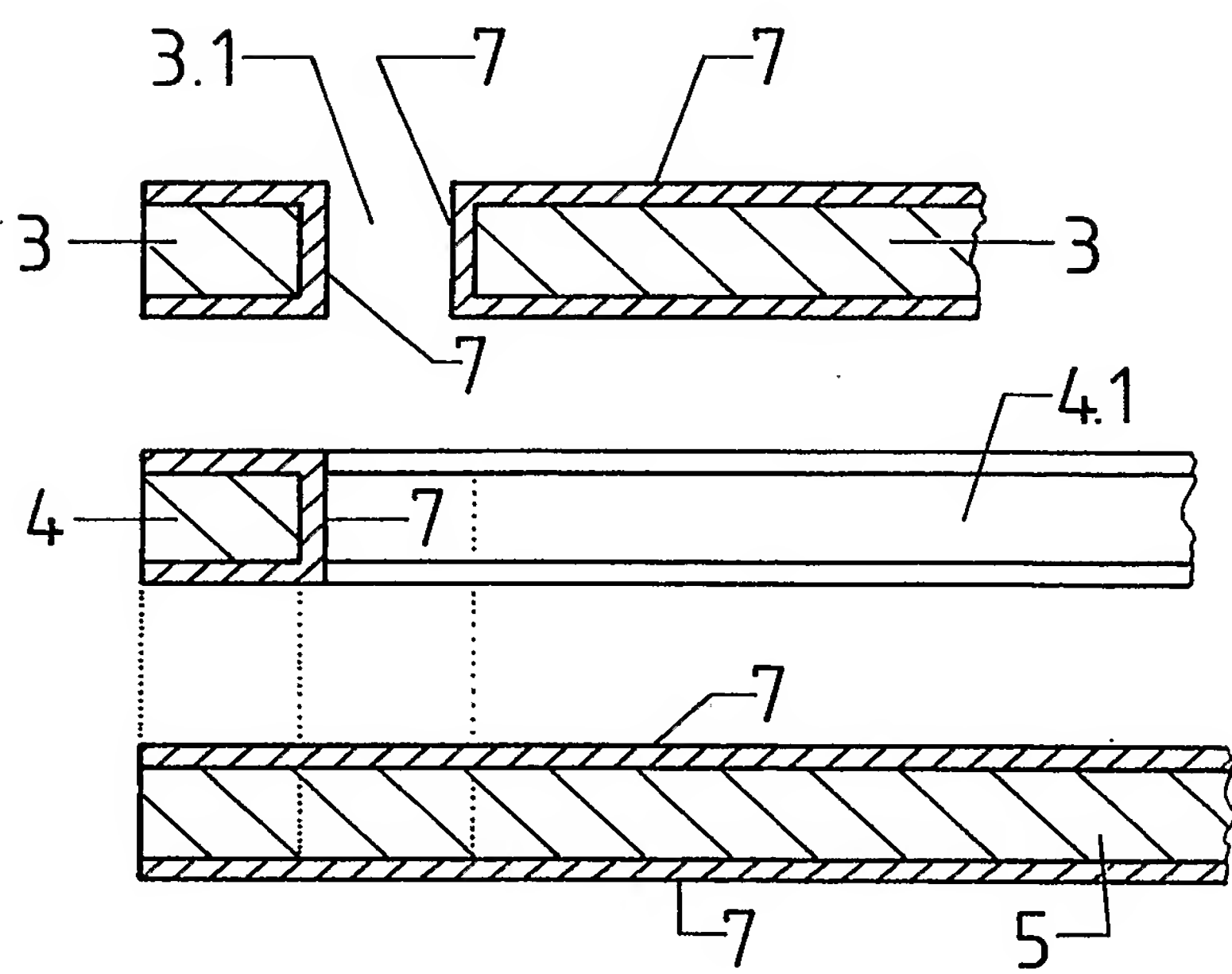
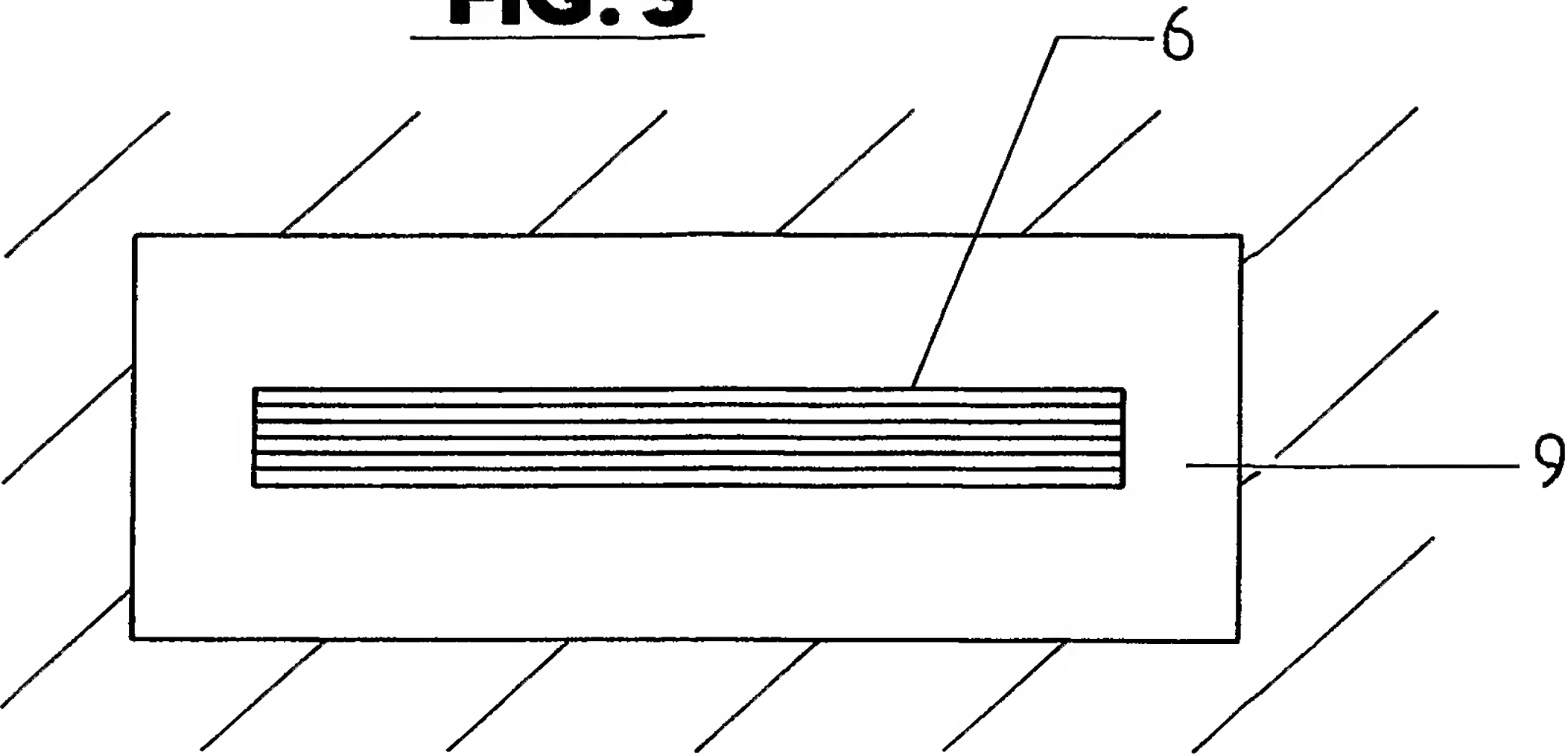


FIG. 5

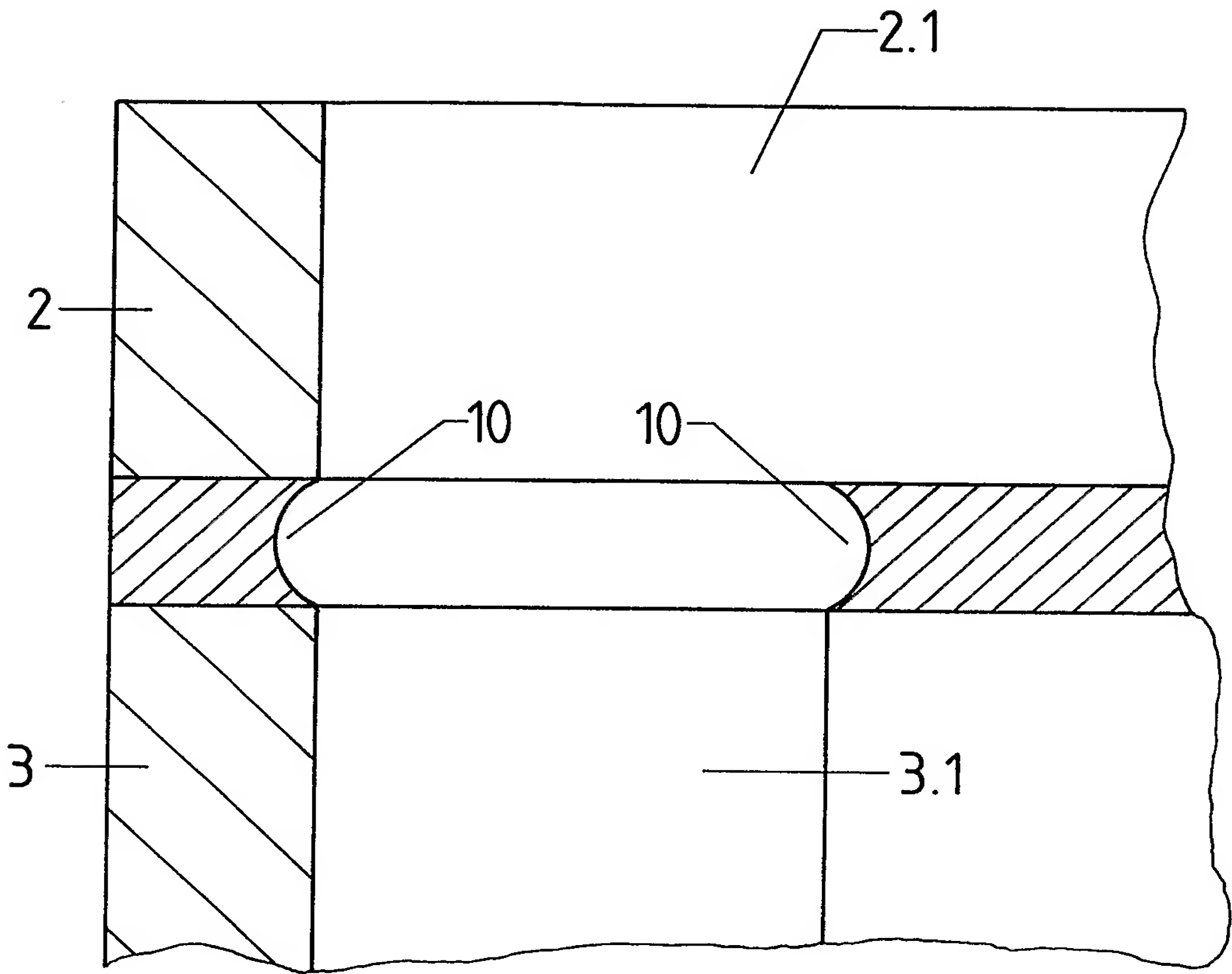


FIG. 4